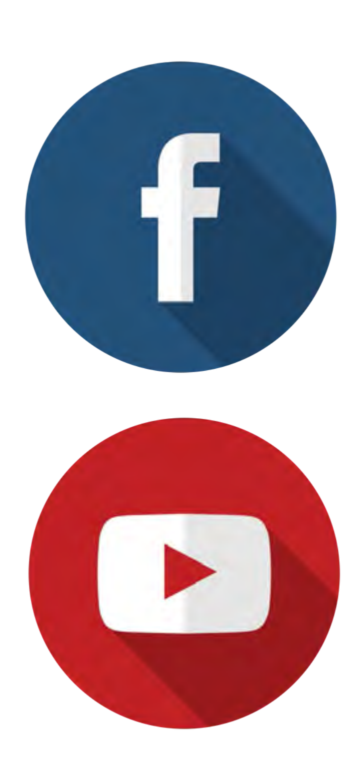
In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful

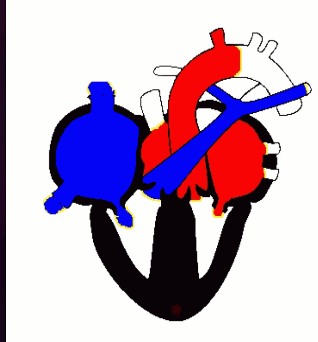








Hémodynamique intracardiaque



Dr. L. DJILALI

PLAN

I/ Introduction

- L'hémodynamique consiste en l'étude de la mécanique des fluides, en l'occurrence du sang et produits dérivés.

- L'hémodynamique intracardiaque s'attache à discerner les différents temps de remplissage et d'éjection des cavités cardiaques, ainsi que les variations de pression et de volume.

II/ Rappel anatomique

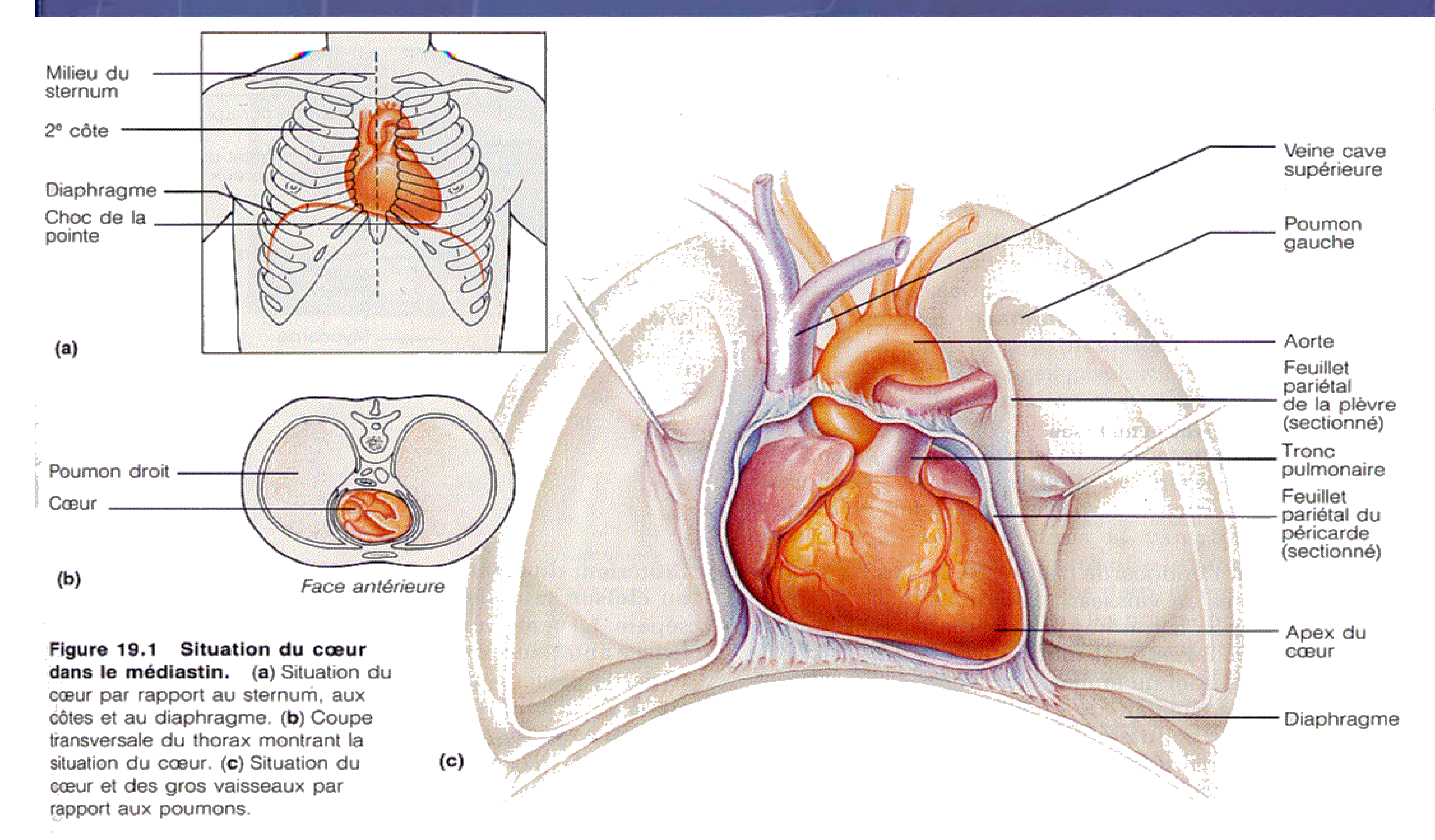
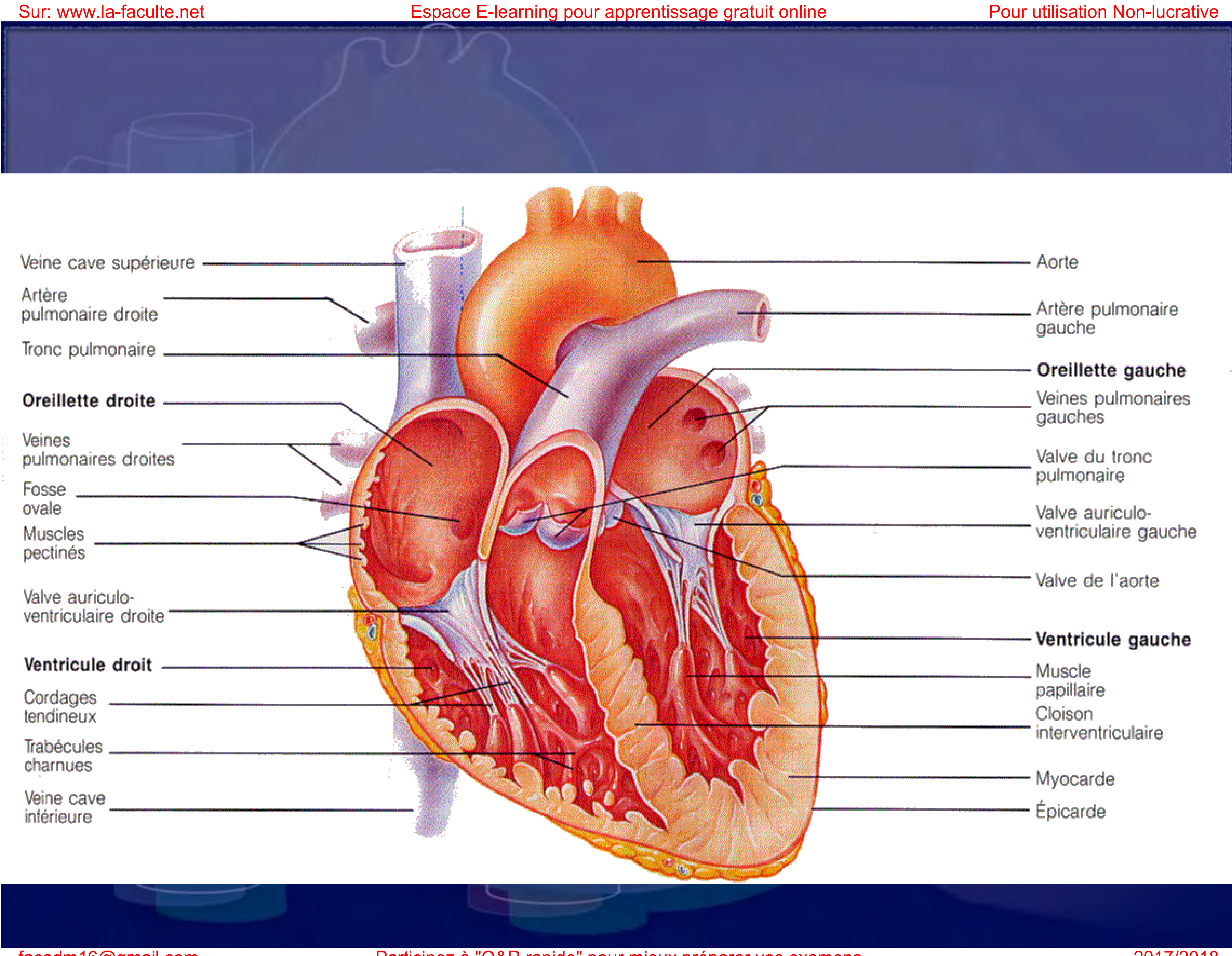
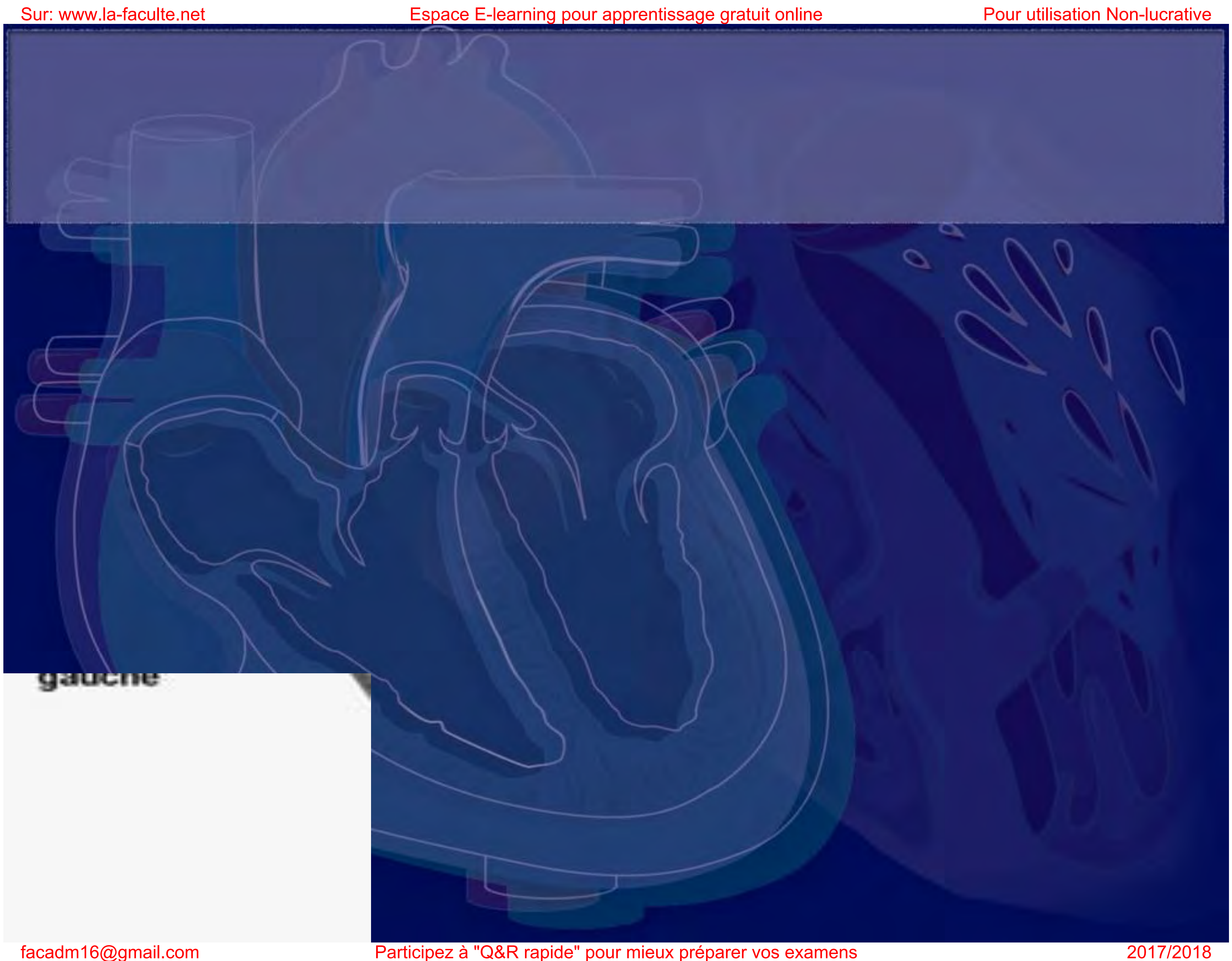


Figure 19.1 Situation du cœur dans le médiastin. (**a**) Situation du cœur par rapport au sternum, aux côtes et au diaphragme. (**b**) Coupe transversale du thorax montrant la situation du cœur. (**c**) Situation du cœur et des gros vaisseaux par rapport aux poumons.


Veine cave supérieure
Artère pulmonaire droite
Tronc pulmonaire
Oreillette droite
Veines pulmonaires droites
Fosse ovale
Muscles pectinés
Valve auriculo-ventriculaire droite
Ventricule droit
Cordages tendineux
Trabécules charnues
Veine cave inférieure
Aorte
Artère pulmonaire gauche
Oreillette gauche
Veines pulmonaires gauches
Valve du tronc pulmonaire
Valve auriculo-ventriculaire gauche
Valve de l'aorte
Ventricule gauche
Muscle papillaire
Cloison interventriculaire
Myocarde
Épicarde


gauche

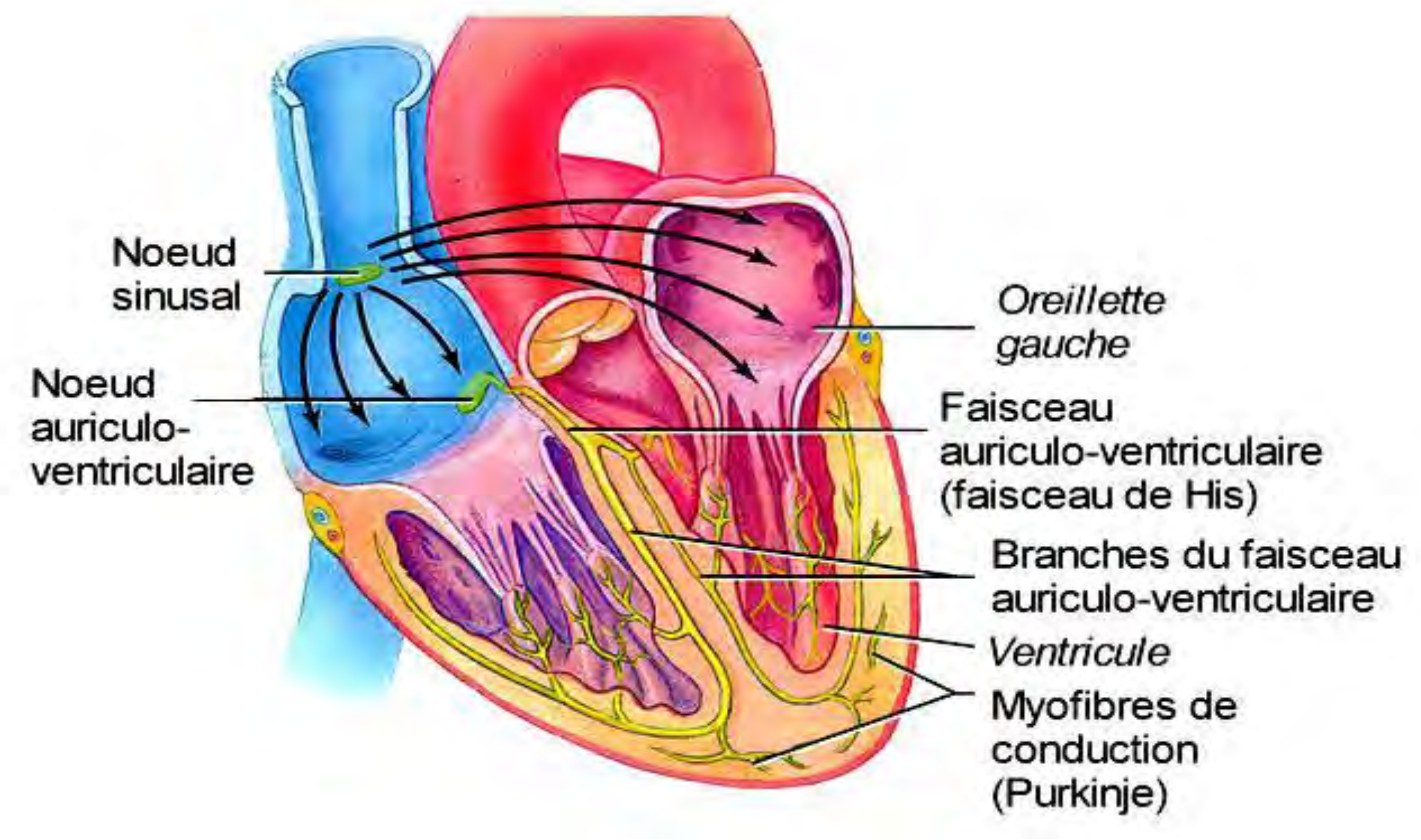
III/ Physiologie cardiaque

1) Phénomènes électriques

a) Automatisme cardiaque: Le système nerveux intrinsèque

- **système nerveux situé dans les parois même du cœur**.
- Même isolé, le cœur continue à fonctionner et continue de se contracter rythmiquement : on dit que **le cœur est doué d'automatisme**

Innervation du cœur : automatisme cardiaque



b) Régulation de l'activité cardiaque : Le système nerveux extrinsèque: (le **système nerveux végétatif**)

A l'état normal, il n'intervient en fait que pour modifier l'action cardiaque et pour l'adapter à l'action générale de l'organisme. Le système nerveux végétatif comprend 2 éléments : le **système parasympathique** et le **système sympathique**

- Le système parasympathique :

C'est le système qui permet de **freiner le cœur** : c'est un **système cardio-modérateur**. Il a une double action donc soit il peut **ralentir la fréquence cardiaque** soit il va permettre de **ralentir la conduction auriculo-ventriculaire** et ce grâce à une substance chimique un neurotransmetteur : **l'acétylcholine.**

- Le système sympathique:

Il a l'action inverse C'est un **système cardio-accélérateur**. Il a un système de neurotransmetteur : la **noradrénaline**.

Le cœur a besoin du cerveau pour fonctionner

Régulation de l'activité cardiaque

2/ Révolution cardiaque

a/ Circulation sanguine

- Le sang est continuellement pompé et éjecté hors du cœur à travers des vaisseaux différents suite au contractions rythmiques de celui ci

- On parle de **petite circulation ou circulation pulmonaire** pour l'ensemble suivant :

  - Cœur droit (oreillette + ventricule)
  - Artère et veines pulmonaires
  - Poumons

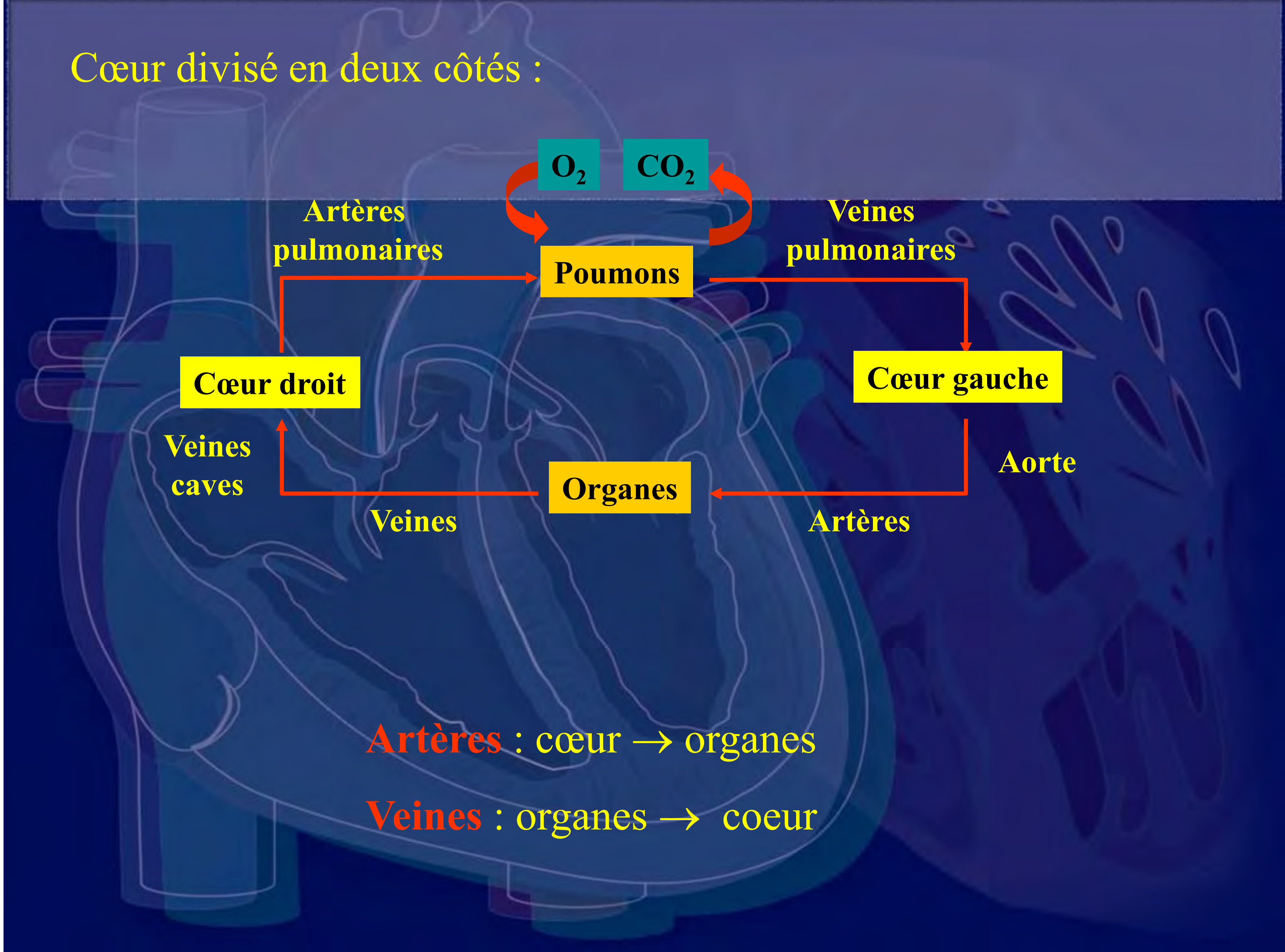
- Le sang oxygéné est drainé par les veines pulmonaires et acheminé vers l'oreillette gauche puis le ventricule gauche

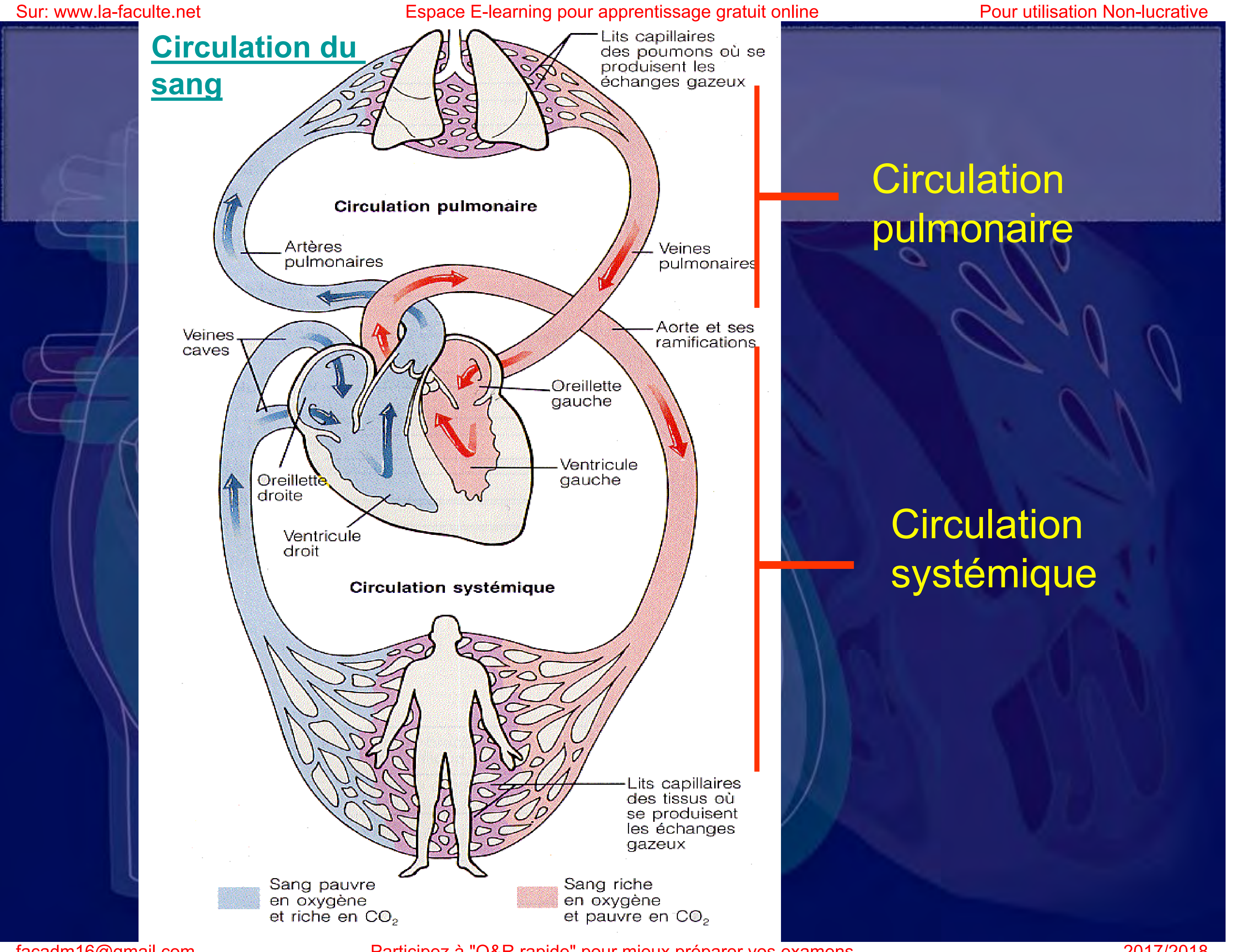
c'est le circuit d'oxygénation du sang.

- La **grande circulation ou circulation systémique** (cœur, vaisseaux, tissus) comporte :
  - Le cœur gauche
  - L'aorte et ses branches
  - Le système veineux cave

Le ventricule gauche éjecte le sang dans l'aorte puis dans tout l'organisme jusqu'aux capillaires systémiques = capillaires sanguins.

Au niveau de ces capillaires, le sang cède de l'O2 aux tissus et capte du CO_2. Le sang désaturé en O_2 est ramené par les veines au cœur droit.


Cœur divisé en deux côtés :
O_2
CO_2
Artères pulmonaires
Veines pulmonaires
Poumons
Cœur droit
Cœur gauche
Veines caves
Aorte
Organes
Veines
Artères
Artères : cœur → organes
Veines : organes → coeur


Circulation du sang
Lits capillaires des poumons où se produisent les échanges gazeux
Circulation pulmonaire
Artères pulmonaires
Veines pulmonaires
Veines caves
Aorte et ses ramifications
Oreillette gauche
Ventricule gauche
Oreillette droite
Ventricule droit
Circulation systémique
Lits capillaires des tissus où se produisent les échanges gazeux
Sang pauvre en oxygène et riche en CO_2
Sang riche en oxygène et pauvre en CO_2
Circulation pulmonaire
Circulation systémique

b/ Révolution cardiaque

- La **révolution cardiaque** consiste en des **alternatives de contraction et de relâchement** du myocarde.

- L'ensemble des phénomènes dont le cœur est le siège depuis le début d'une contraction jusqu'au début de la suivante s'appelle une **révolution cardiaque.** Elle comprend 3 temps :

  - Systole auriculaire
  - Systole ventriculaire
  - Diastole générale = diastole auriculaire + diastole ventriculaire

Définitions

- **La systole** : c'est la phase du cycle cardiaque pendant laquelle les **fibres du myocarde se contractent** entraînant une diminution du volume des oreillettes ou des ventricules et comportant le phénomène d'é**jection du sang** qu'ils contiennent.

- **La diastole** : c'est la **période de relâchement du myocarde** pendant laquelle les **ventricules ou les oreillettes se remplissent de sang**.

- **La systole auriculaire** : **contraction des oreillettes**, durée égale à **1/10** de seconde. Le sang qui remplissait les oreillettes est chassé dans les deux ventricules. Les valves auriculo-ventriculaires (tricuspide et mitrale) sont ouvertes car la pression des oreillettes est supérieure à celles des ventricules.

- **La systole ventriculaire** : **contraction des ventricules**, elle dure environ **3/10** de seconde. **Pendant que les oreillettes se relâchent, les ventricules remplis de sang se contractent**. La poussé du sang ferme les orifices auriculo-ventriculaires (tricuspides et mitrales) ou valves (premier bruit du cœur) empêchant le reflux du sang dans les oreillettes et entraînant l'ouverture des valves sigmoïdes, aortiques et pulmonaires. Le sang pénètre alors dans l'aorte et l'artère pulmonaire.

- **La diastole générale** : **pause des oreillettes et des ventricules, c'est la période de repose du cœur. Pendant** ce temps, le sang veineux achève de remplir les oreillettes relâchées et ce remplissage prépare la révolution cardiaque suivante. Le sang ne peut pas refluer dans les ventricules puisqu'il vient buter sur les valvules sigmoïdes qui se ferment (deuxième bruit du cœur) Au total la **révolution cardiaque dure 8/10** de seconde et la moitié est consacrée au repos du myocarde (8/10 = 1/10 + 3/10 + 4/10)

L'ensemble de ces événements constitues donc **la révolution cardiaque**

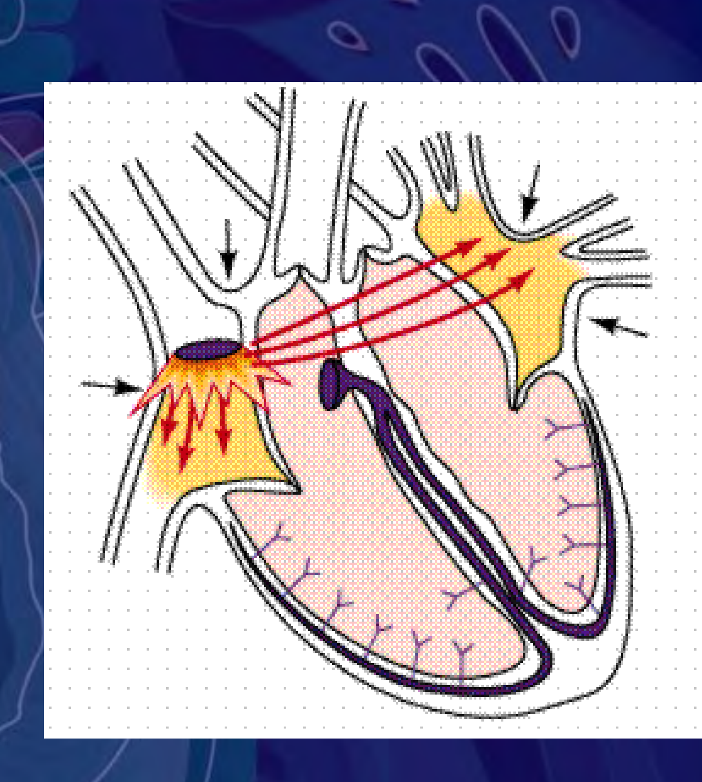
Selon la place et la durée d'un événement dans la systole et la diastole on parle de :

- Proto- (systolique ou diastolique) : début (de la systole ou de la diastole)
- Méso- (systolique ou diastolique) : milieu (de la systole ou de la diastole)
- Télé- (systolique ou diastolique) : fin (de la systole ou de la diastole)
- Holo- (systolique ou diastolique) : du début à la fin (de la systole ou de la diastole).

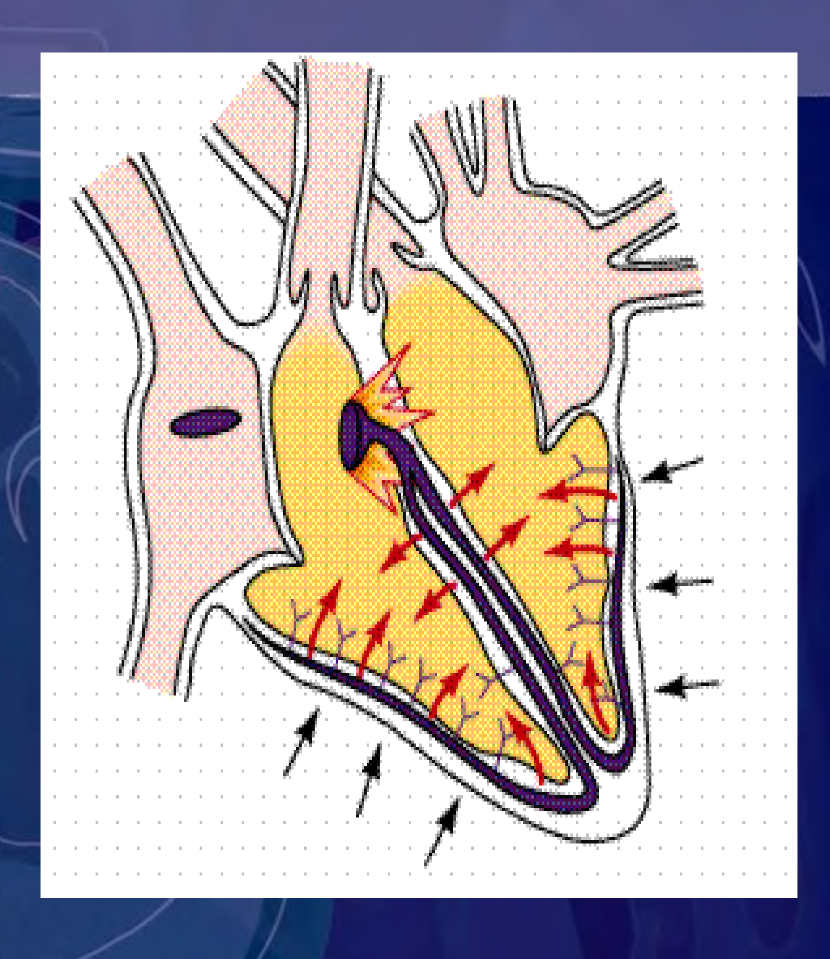
Ces préfixes peuvent être associés entre eux : proto-méso-systolique, méso-télé-systolique par exemple ; télé-diastolique est synonyme de pré-systolique.

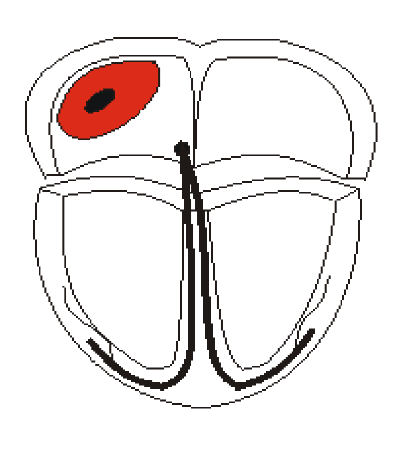
La révolution cardiaque

- Les cellules du nœud sinusal se dépolarisent
- La dépolarisation se transmet aux cellules musculaires des oreillettes
- Les oreillettes se contractent

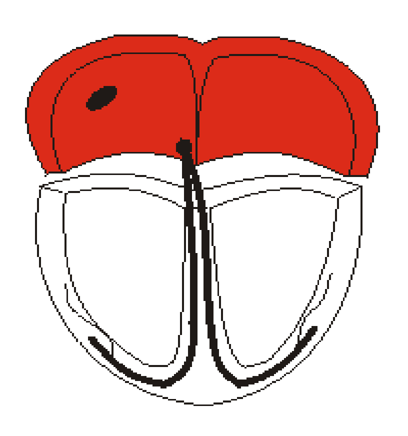


- La dépolarisation atteint le nœud auriculo-ventriculaire
- La dépolarisation se transmet au faisceau de His et aux fibres de Purkinje
- La dépolarisation se transmet à l ’ensemble des cellules musculaires des ventricules
- Les ventricules se contractent

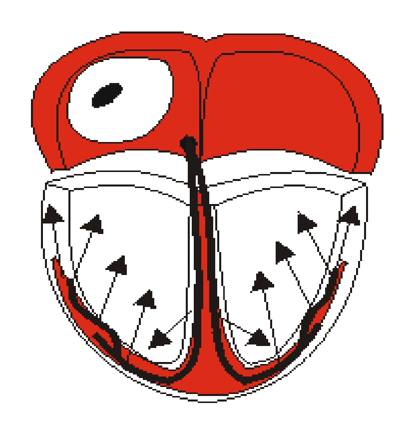




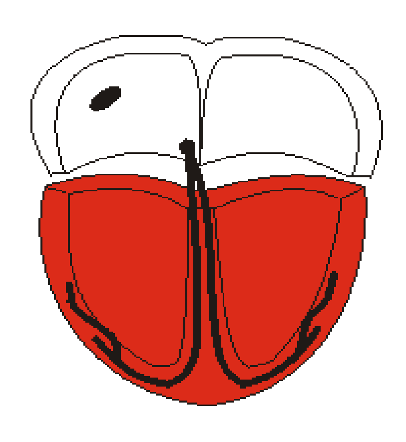
Dépolarisation du nœud sinusal se transmet aux cellules des oreillettes



Les oreillettes se dépolarisent ==> **systole auriculaire**



La dépolarisation se transmet aux ventricules par le faisceau de His et les fibres de Purkinje



Les cellules des ventricules se dépolarisent ==> **systole ventriculaire**



La révolution cardiaque

Contraction = systole

Repos = diastole

À chaque cycle cardiaque:

Systole auriculaire (les deux oreillettes se contractent)

↓

Systole ventriculaire (les deux ventricules se contractent)

↓

Diastole générale

c/ L'électrocardiogramme (ECG)

❖ **Principe** : C'est l'enregistrement de l'activité électrique du cœur au cours d'un cycle cardiaque.

❖ **Etude d'un ECG :** L'enregistrement est constitué de plusieurs ondes :

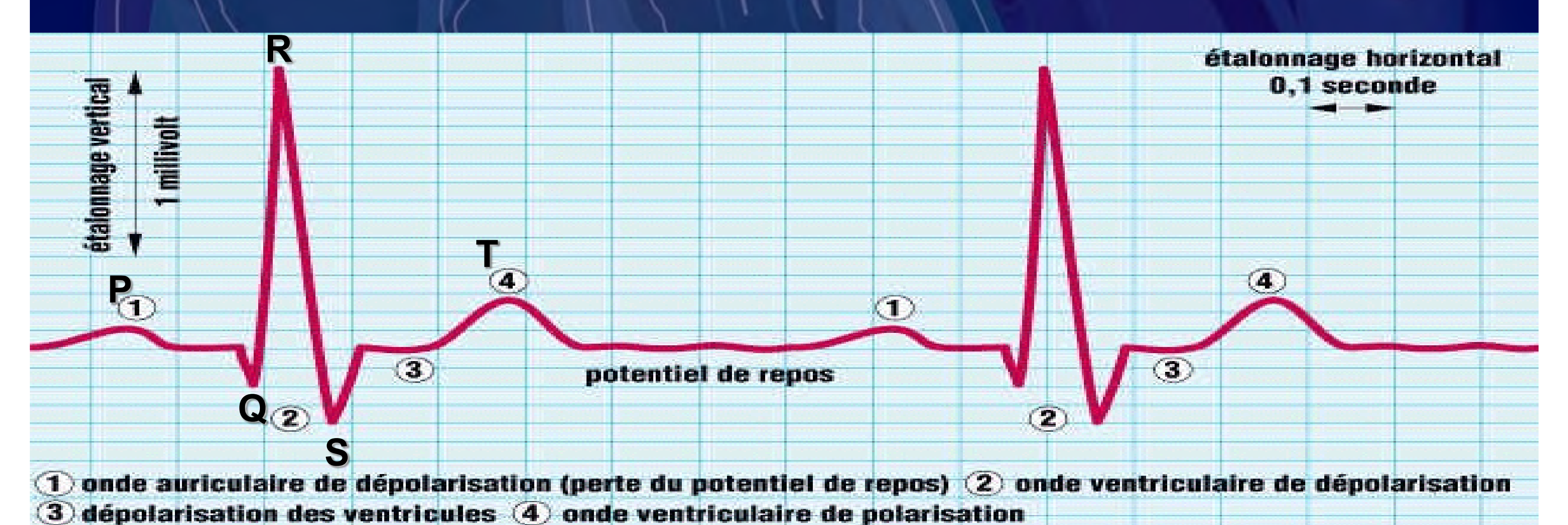
• Onde P (0,08-0,1 s) auriculogramme = dépolarisation de l'oreillette qui précède et déclenche la systole auriculaire

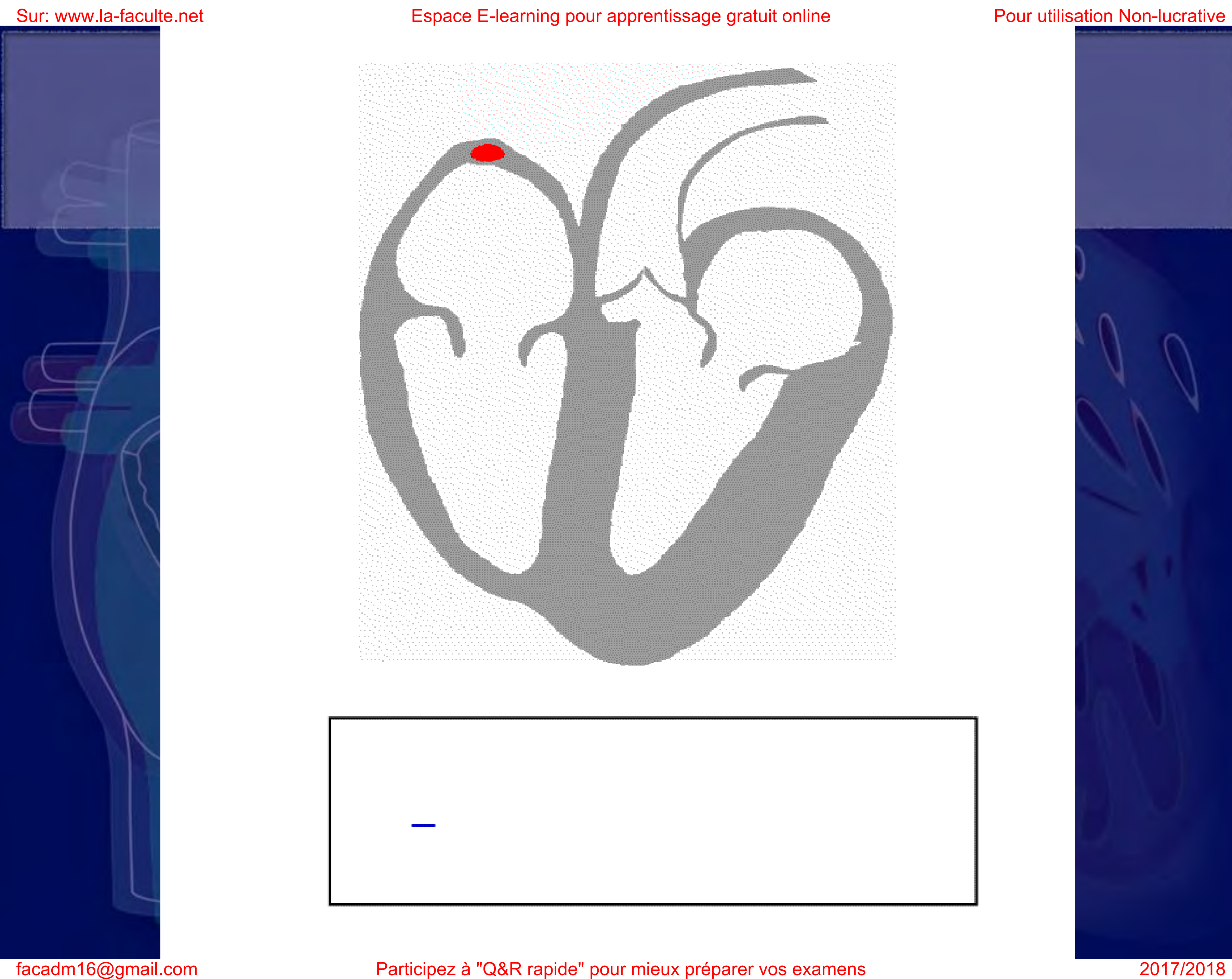
Électrocardiogramme

- Complexe QRST (0,3-0,6 s) : ventriculogramme ,(forme asymétrique liée à l'inégalité de la taille des ventricules)
    - o Onde QRS (0,06-0,1 s) = dépolarisation du ventricule qui précède et déclenche la systole ventriculaire
    - o Onde T = repolarisation du ventricule qui précède la diastole

- PR (0,12-0,2 s) : temps de conduction auriculo-ventriculaire.

- Le retour au potentiel de repos est très long, ce qui explique que les fibres musculaires cardiaques sont intétanisables





Valvules cardiaques

Sang passe des oreillettes aux ventricules, mais pas l'inverse

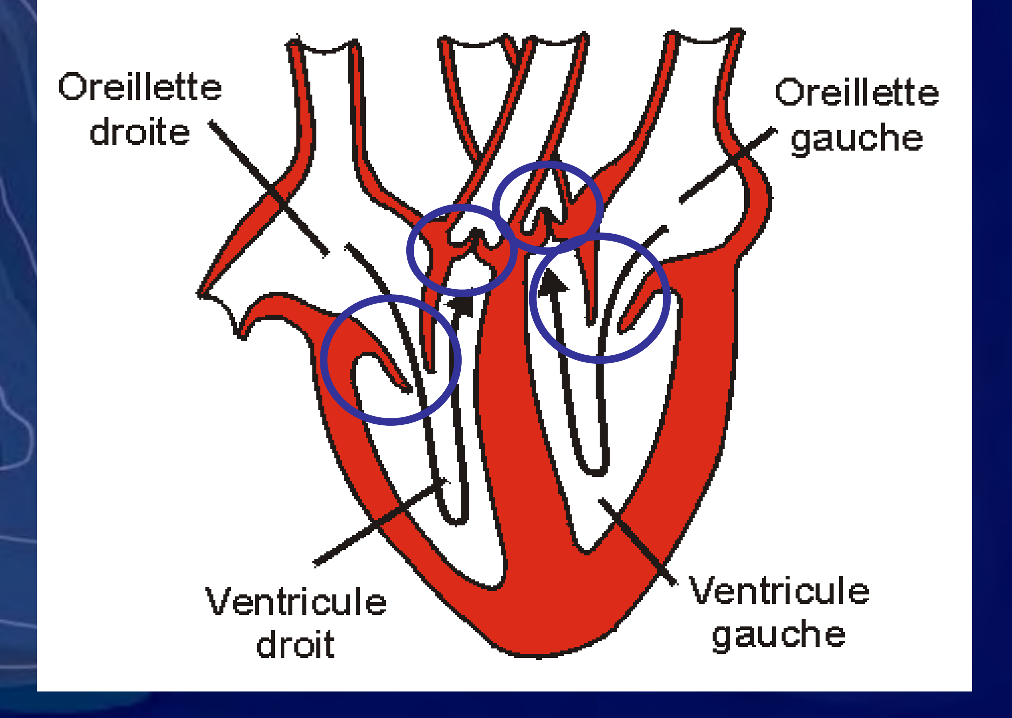
Oreillettes ⇄ **Ventricules**

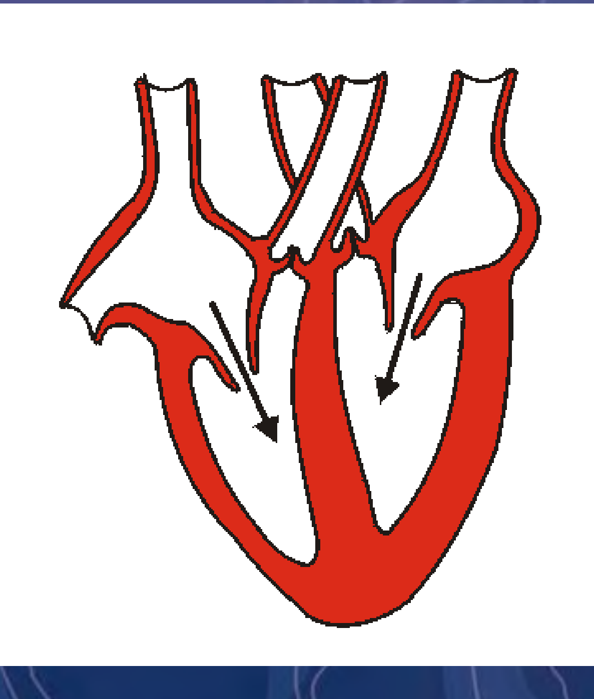
Sang passe des ventricules aux artères, mais pas l'inverse

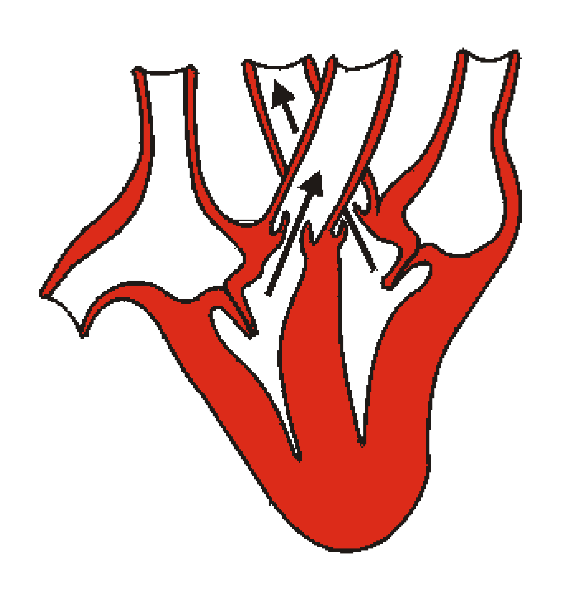
Ventricules ⇄ **Artères**

Valvules auriculo-ventriculaires

Valvules sigmoïdes (aortique et pulmonaire)

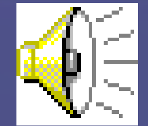






Systole auriculaire	Systole ventriculaire
Valvules A.V. ouvertes	Valvules A.V. fermées
Valvules aortique et pulm. fermées	Valvules aortique et pulm. ouvertes

Bruits du coeur



1er bruit (POUM)

Fermeture des valvules auriculo-ventriculaires

à la systole ventriculaire



2ème bruit (TÂ)

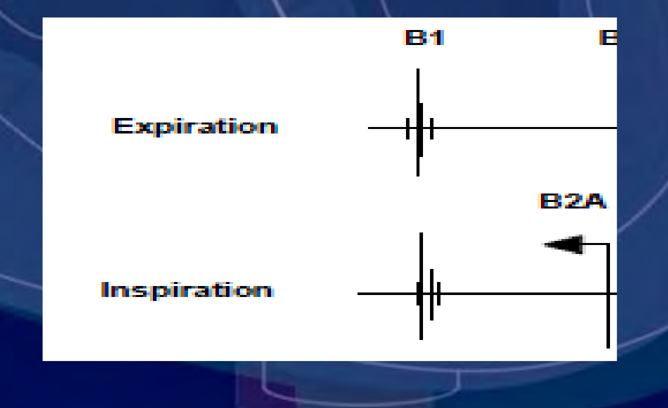
Fermeture des valvules sigmoïdes à la fin de la systole ventriculaire





Dédoublement physiologique du deuxième bruit

L'inspiration a deux effets opposés sur le cœur droit et le cœur gauche : elle augmente le retour veineux et le remplissage des cavités droites, ce qui allonge le temps d'éjection du ventricule droit et retarde B2P ; elle diminue le retour veineux et le remplissage des cavités gauches, ce qui diminue le temps d'éjection du ventricule gauche et avance B2A.



Auscultation pathologique

a) Modifications d'intensité des bruits (B1, B2)

Les deux bruits peuvent être assourdis par interposition d'air (emphysème) ou de liquide (épanchement péricardique) ou par diminution de la contractilité cardiaque.

b) Dédoublement des bruits (B1, B2)

Il y a dédoublement lorsque l'intervalle entre les composantes droite et gauche de deux bruits est supérieur à 0,04 seconde

c) Bruits anormaux surajoutés

✓Le B3 est un bruit sourd protodiastolique, correspondant à la phase initiale rapide de remplissage ventriculaire.

✓Ne se distingue du B3 pathologique que par le contexte dans lequel il survient. Lorsqu'il est pathologique, il traduit soit une augmentation de la pression auriculaire gauche soit une dysfonction systolique du VG

✓ B4 : sourd, télédiastolique, correspondant à la phase de remplissage actif du ventricule par la contraction de l'oreillette, toujours pathologique et traduit avant tout une perte de compliance ventriculaire (ventricule peu distensible).

✓ Le galop: n'est pas un bruit mais un rythme. Il résulte de la présence d'un B3 ou d'un B4 donnant naissance à un rythme à 3 temps

✓Le claquement d'ouverture mitral (CO): est un bruit sec protodiastolique situé 0,08 à 0,12 seconde après B2 ; il traduit la sclérose mitrale dans le rétrécissement mitral. On l'attribue à un brusque mouvement en dôme de la valve mitrale vers la cavité ventriculaire gauche en diastole alors que le VG exerce un appel de sang.

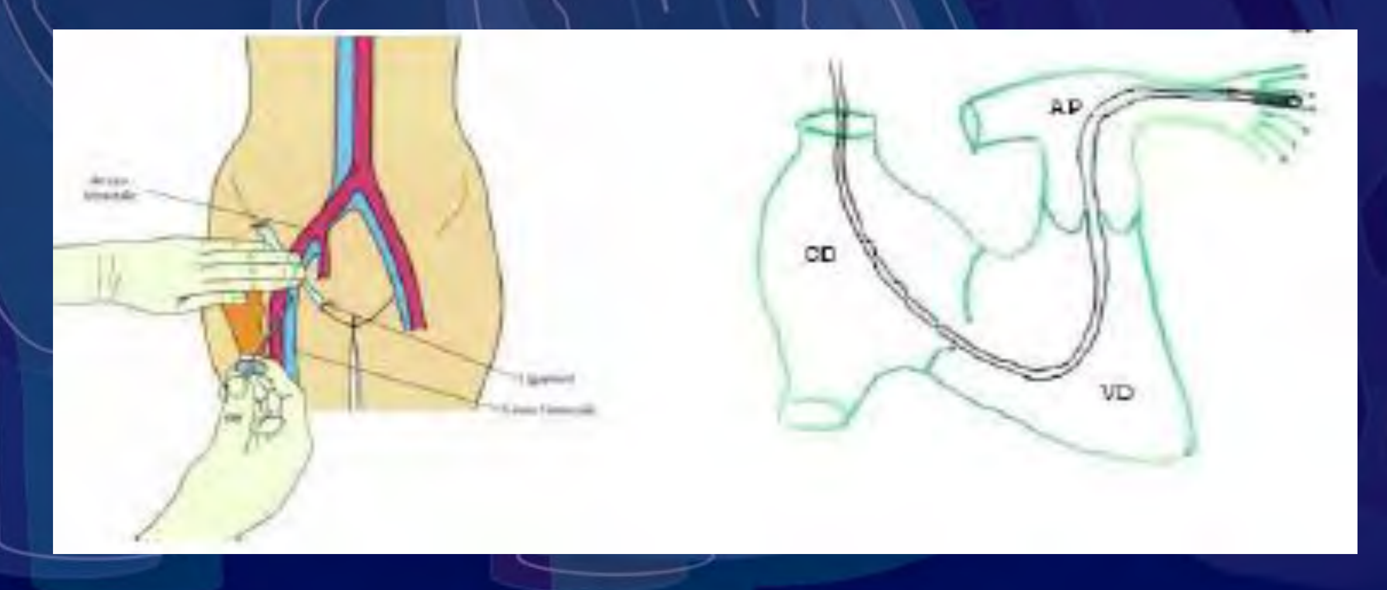
✓Le claquement péricardique ou vibrance péricardique : est un claquement protodiastolique ; il peut s'entendre dans la péricardite constrictive

IV/ Méthodes d'étude de l'hémodynamique intracardiaque

CATHETERISME CARDIAQUE

A - Cathétérisme droit

- Il s'agit d'examens invasifs
- Introduction par une veine périphérique (fémorale, jugulaire) un cathéter branché sur un manomètre et à le guider jusque dans une branche de l'artère pulmonaire où on le bloque



On va pouvoir alors enregistrer la "pression capillaire pulmonaire". Puis successivement, en retirant le cathéter :

- la pression artérielle pulmonaire
- la pression ventriculaire droite
- la pression auriculaire droite

On peut réaliser en même temps des prélèvements sanguins (oxymétrie) ou une injection de produit radio-opaque (angiocardiographie dans l’oreillette droite, le ventricule droit ou l’artère pulmonaire).

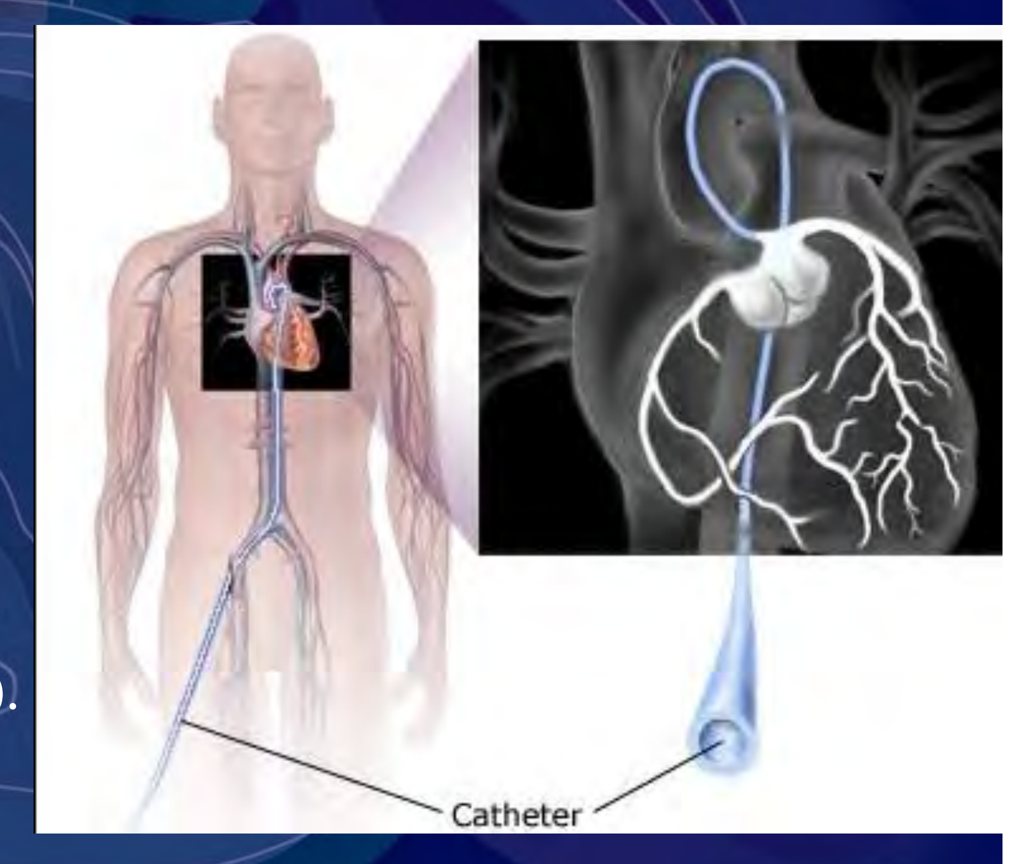
B - Cathétérisme gauche

Il consiste à introduire par une artère fémorale ou humérale ou radiale un cathéter jusque dans le ventricule gauche .

On étudie :

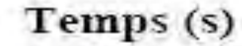
- la pression ventriculaire G
- la pression aortique

Ici encore on peut réaliser en même temps des prélèvements sanguins (oxymétrie) ou une injection de produit radio-opaque (ventriculographie, aortographie).



C - Courbes de pression

- La courbe ventriculaire se définit par :
  - la pression systolique (pic maximal)
  - la pression protodiastolique
  - la pression télédiastolique, juste avant le début de la contraction ventriculaire
- La courbe auriculaire se définit par sa pression moyenne.
- La courbe artérielle se définit par :
  - la pression systolique
  - la pression diastolique
  - la pression moyenne (celle qui donnerait le même débit avec un flux constant)



0 0,1 0,3 0,5 0,7 0,8 0,9

Pressions (mm Hg)

120 100 80 60 40 20 0

Aorte

VG

OG

a c v

Systole

Diastole

Ejection

Remplissage

Volume VG (ml)

120 80 40

Bruits du coeur

B1

B2

ECG

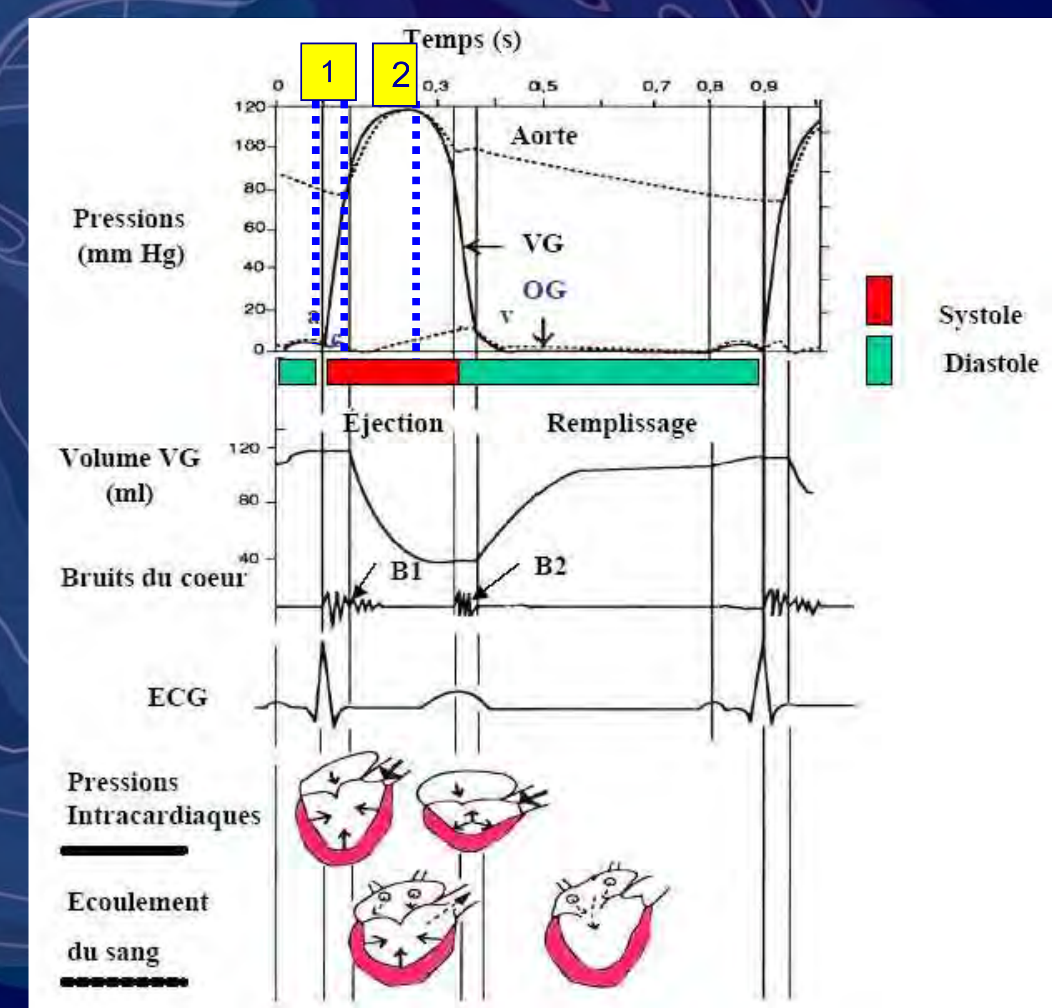
Pressions Intracardiaques

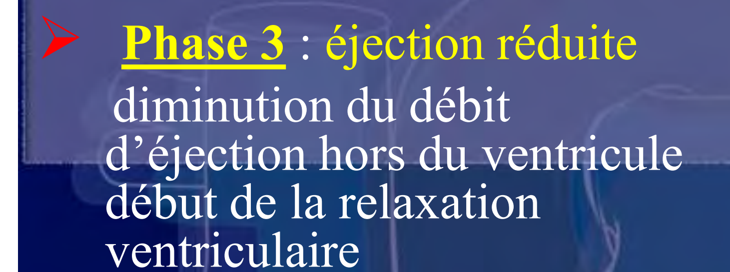
Ecoulement du sang

V/ Interprétation des Courbes de pressions intracardiaques

- Phase 1 : contraction isovolumétrique
  début de la contraction ventriculaire
  fermeture valvules auriculo-ventriculaires
  augmentation P intraventriculaire

- Phase 2 : éjection maximale
  ouverture valvules sigmoïdes
  expulsion rapide du sang
  Pic de Pression intraventricullaire





- **Phase 3** : éjection réduite
  - diminution du débit d'éjection hors du ventricule
  - début de la relaxation ventriculaire

3 4 5

- **Phase 4** : protodiastole
  - chute rapide de P intra ventriculaire
  - fermeture des valvules sigmoïdes

- **Phase 5** : relaxation isovolumétrique
  - relaxation sans modification de volume
  - ouverture des valvules auriculo-ventriculaires

Intracardia

Ecoulemen du sang

Phase 6 : remplissage rapide

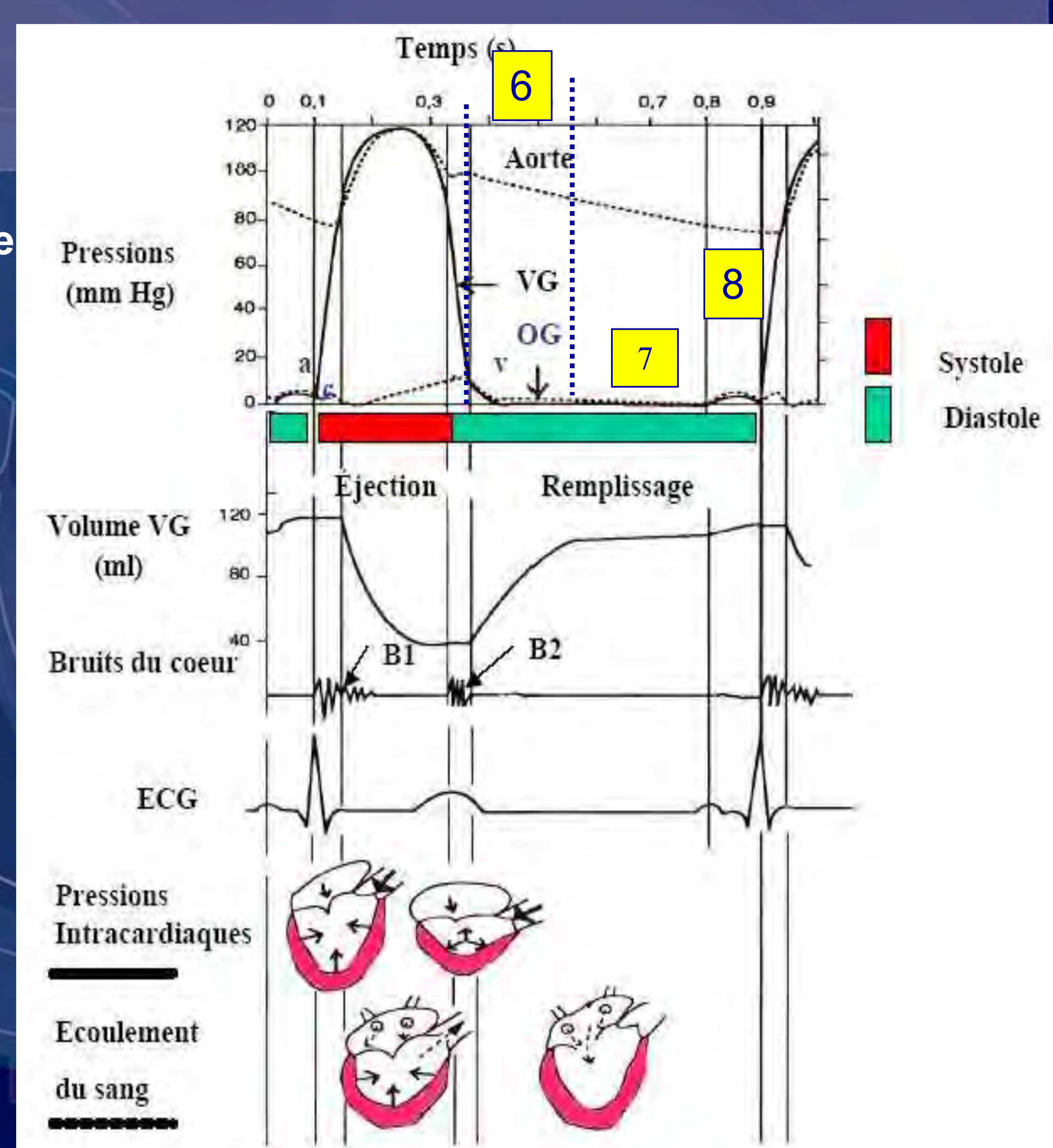
remplissage rapide du ventricule à partir de l'oreillette

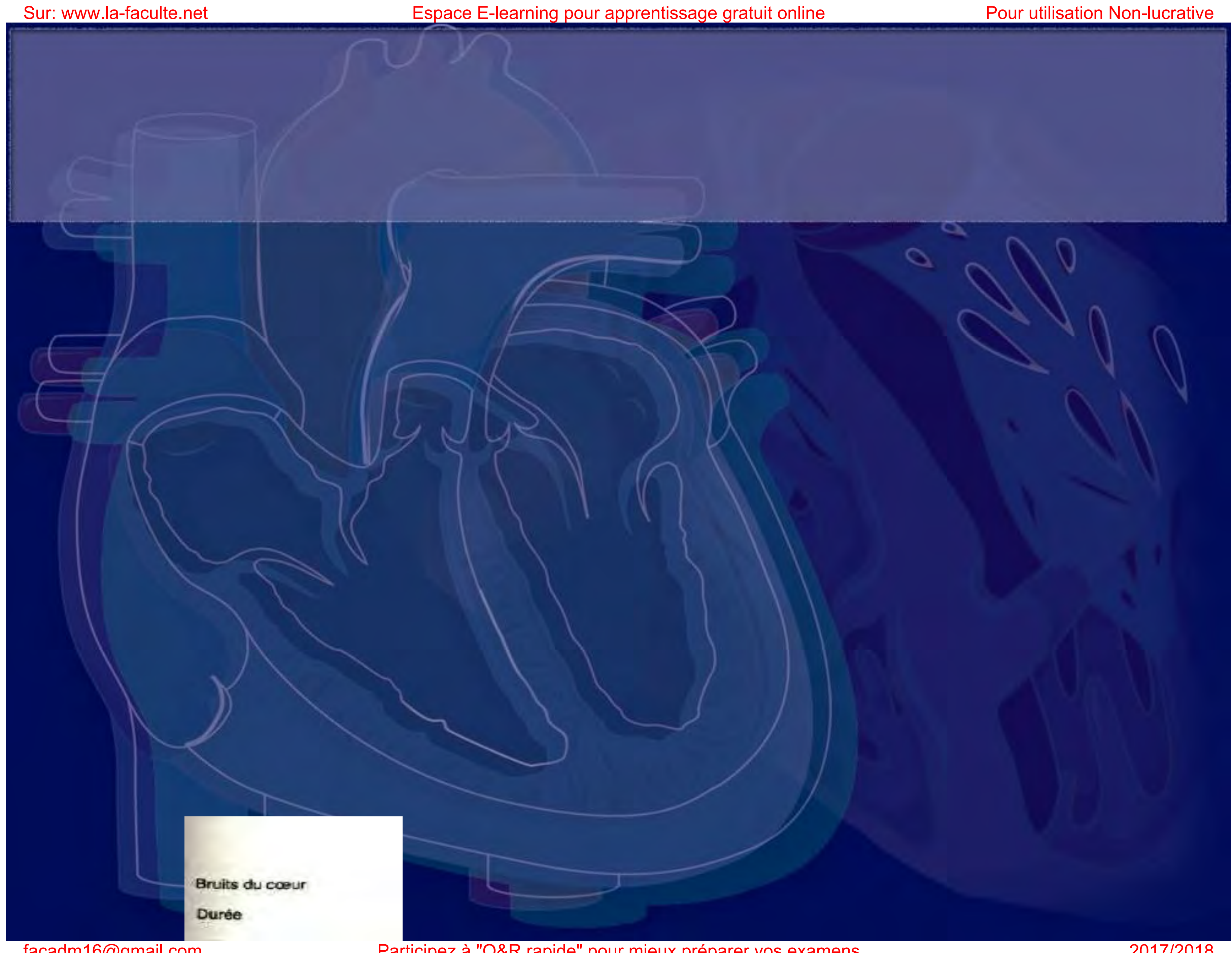
Phase 7 : diastase

remplissage lent du ventricule

Phase 8 : systole auriculaire

fin du remplissage ventriculaire




Bruits du cœur
Durée

Exercice sur l'hémodynamique cardiaque


Merci pour votre attention

Cycle cardiaque

